

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-122416

(43)Date of publication of application : 26.04.2002

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

G01B 11/25

G03B 15/00

G06T 1/00

(21)Application number : 2000-315210

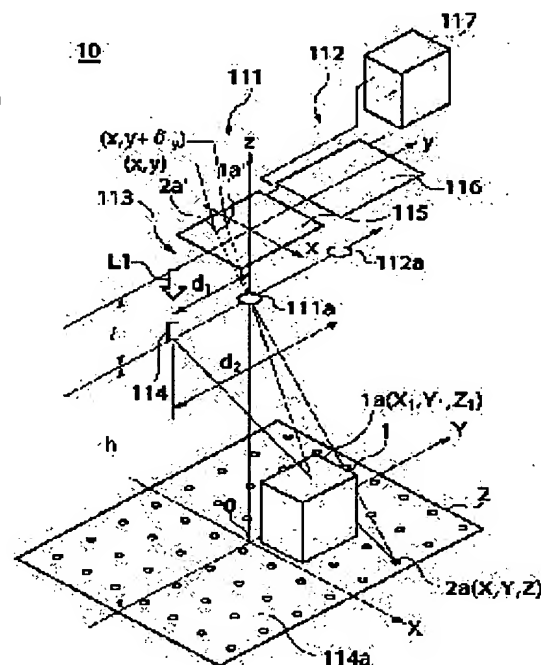
(71)Applicant : SUMITOMO OSAKA CEMENT CO LTD

(22)Date of filing : 16.10.2000

(72)Inventor : AOKI HIROMICHI
NAKAJIMA MASATO
MIMURA KAZUHIRO
TAKEMURA YASUHIRO

(54) THREE-DIMENSIONAL SHAPE MEASURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a three-dimensional shape measuring device having a high minimum resolution and a large measurable maximum value.**SOLUTION:** This three-dimensional shape measuring device is equipped with a projection optical system 113, an imaging optical system 111, a reference pattern image preservation file 117b for preserving a reference pattern image, and a shape operation means 117a for operating the three-dimensional shape of a measuring object 1 by comparing the point of measurement 1a' extracted from an imaged illumination pattern image with the coordinate of a reference point 2a' corresponding to the point of measurement 1a' on the reference pattern image. The device is also equipped plurally with at least one of the pattern projection optical system and the imaging optical system in order to acquire plural illumination pattern images. The reference pattern image is preserved in the reference pattern image preservation file 117b in each plural pattern projection optical systems or imaging optical systems 111, 112. The device is also equipped with an integrated operation means 117c for integrating plural operation results operated by the shape operation means 117a based on the acquired plural illumination pattern images and the reference pattern images corresponding the illumination pattern images.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.06.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3677444

[Date of registration] 13.05.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-122416

(P2002-122416A)

(43)公開日 平成14年4月26日(2002.4.26)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマコード(参考)

G 0 1 B 11/24

11/25

G 0 3 B 15/00

G 0 6 T 1/00

3 1 5

G 0 3 B 15/00

G 0 6 T 1/00

G 0 1 B 11/24

S 2 F 0 6 5

3 1 5 5 B 0 5 7

A

E

K

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全16頁)

(21)出願番号

特願2000-315210(P2000-315210)

(22)出願日

平成12年10月16日(2000.10.16)

(71)出願人 000183266

住友大阪セメント株式会社

東京都千代田区六番町6番地28

(72)発明者 青木 広宙

神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1 慶

応義塾大学大学院理工学研究科内

(72)発明者 中島 真人

神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1 慶

応義塾大学理工学部内

(74)代理人 100097320

弁理士 宮川 貞二 (外2名)

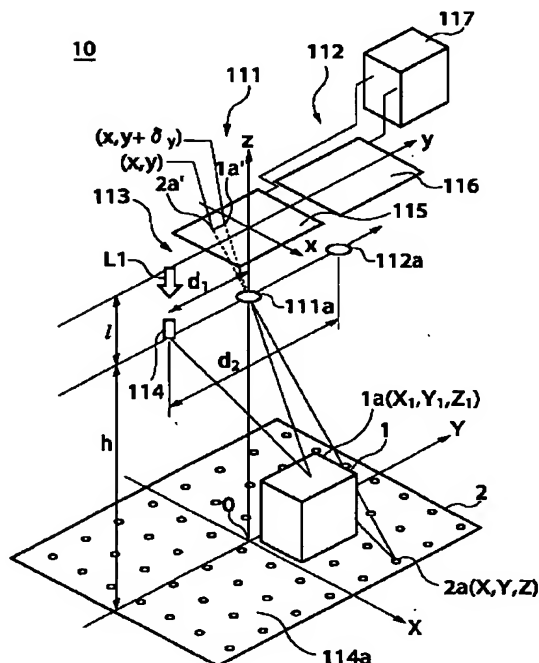
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 三次元形状測定装置

(57)【要約】

【課題】 最小分解能が高く且つ測定可能な最大値が大きい三次元形状測定装置を提供する。

【解決手段】 投影光学系113と；撮像光学系111と；基準パターン画像を保存する基準パターン画像保存ファイル117bと；撮像された照明パターン画像から抽出された測定点1a'と、前記基準パターン画像の測定点1a'に対応する基準点2a'の座標とを比較して、測定対象物1の3次元形状を演算する形状演算手段117aとを備え；複数の照明パターン画像を取得するために、前記パターン投影光学系と前記撮像光学系との少なくとも一方が、複数備えられ；前記基準パターン画像は、前記複数のパターン投影光学系または撮像光学系111、112毎に、基準パターン画像保存ファイル117bに保存され；前記取得された複数の照明パターン画像と該照明パターン画像に対応する基準パターン画像とに基づいて形状演算手段117aで演算される複数の演算結果を統合する統合演算手段117cとを備える三次元形状測定装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定対象物を置く測定対象領域に照明パターンを投影するパターン投影光学系と；前記測定対象物の置かれた測定対象領域に投影された照明パターンを撮像する撮像光学系と；前記撮像光学系で撮像された照明パターンの画像と比較すべき基準パターン画像を保存する基準パターン画像保存ファイルと；前記撮像された照明パターン画像から抽出された測定点と、前記基準パターン画像の前記測定点に対応する基準点の座標とを比較して、前記測定対象物の3次元形状を演算する形状演算手段とを備え；複数の照明パターン画像を取得するために、前記パターン投影光学系と前記撮像光学系との少なくとも一方が、複数備えられ；前記基準パターン画像は、前記複数のパターン投影光学系または撮像光学系毎に、前記基準パターン画像保存ファイルに保存され；前記取得された複数の照明パターン画像と該照明パターン画像に対応する基準パターン画像とに基づいて前記形状演算手段で演算される複数の演算結果を統合する統合演算手段とを備える；三次元形状測定装置。

【請求項2】 測定対象物を置く測定対象領域に照明パターンを投影するパターン投影光学系と；前記測定対象物の置かれた測定対象領域に投影された照明パターンを撮像する第1の撮像光学系と；前記測定対象物の置かれた測定対象領域に投影された照明パターンを撮像する、前記第1の撮像光学系とは前記パターン投影光学系からの距離が異なる位置に設置された第2の撮像光学系と；前記第1の撮像光学系で撮像された照明パターンの画像と比較すべき第1の基準パターン画像と、前記第2の撮像光学系で撮像された照明パターンの画像と比較すべき第2の基準パターン画像とを保存する基準パターン画像保存ファイルと；前記第1または第2の撮像光学系で撮像された照明パターン画像から抽出された測定点と、前記第1または第2の基準パターン画像の前記測定点に対応する基準点の座標とを比較して、前記測定対象物の3次元形状を演算する形状演算手段とを備え；前記第1と第2の撮像光学系で取得された2つの照明パターン画像と前記2つの基準パターン画像とに基づいて前記形状演算手段で演算される2つの演算結果を統合する統合演算手段とを備える；三次元形状測定装置。

【請求項3】 測定対象物を置く測定対象領域に照明パターンを投影する第1のパターン投影光学系と；前記測定対象物の置かれた測定対象領域に投影された照明パターンを撮像する撮像光学系と；前記測定対象領域に照明パターンを投影する、前記第1のパターン投影光学系とは前記撮像光学系からの距離が異なる位置に設置された第2のパターン投影光学系と；前記第1のパターン投影光学系で投影された照明パターンの画像と比較すべき第1の基準パターン画像と、前記第2のパターン投影光学系で投影された照明パターンの画像と比較すべき第2の基準パターン画像とを保存する基準パターン画像保存フ

ァイルと；前記第1または第2のパターン投影光学系で前記測定対象物の置かれた測定対象領域が照明され、前記撮像光学系で撮像された照明パターン画像から抽出された測定点と、それぞれ前記第1または第2の基準パターン画像の前記測定点に対応する基準点の座標とを比較して、前記測定対象物の3次元形状を演算する形状演算手段と；前記第1または第2のパターン投影光学系で前記測定対象物の置かれた測定対象領域が照明されて、取得された2つの照明パターン画像と前記2つの基準パターン画像とに基づいて前記形状演算手段で演算される複数の演算結果を統合する統合演算手段とを備え；前記撮像光学系は、前記第1と第2のパターン投影光学系で投影された照明パターンを区別して撮像可能に構成された；三次元形状測定装置。

【請求項4】 前記第1と第2のパターン投影光学系は、それぞれ投影を所定のタイミングをもって時分割で行わせるように構成された、請求項3に記載の三次元形状測定装置。

【請求項5】 前記第1と第2のパターン投影光学系は、互いに光学的性質の異なる光を投影するように構成された、請求項3に記載の三次元形状測定装置。

【請求項6】 前記パターン投影光学系が、コヒーレント光を発生する光源と；前記光源で発生されたコヒーレント光を通過させる回折格子とを備える；請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の三次元形状測定装置。

【請求項7】 前記統合演算手段は、先ず前記パターン投影光学系と撮像光学系との距離が短い方の照明パターン画像に基づく演算結果を採用し、該演算結果に基づき、前記測定対象領域からの高さが所定の値よりも低い測定対象物の地点を抽出し、その地点についてはパターン投影光学系と撮像光学系との距離が長い方の照明パターン画像に基づく演算結果を採用するように構成された、請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の三次元形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、三次元形状測定装置に関し、特に対象領域内の物体や人物の高さや姿勢の変化を監視するための三次元形状測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】病院の病室内あるいはトイレ内の患者のプライバシーを損なわずに、異常を知るための監視装置として、従来から、監視対象領域に輝点を投影してその画像を撮影し、撮影された画像中の輝点の基準位置からの位置変化によって対象領域の高さ変化を検出し、対象領域内の物体や人物の有無や高さ変化、姿勢変化を監視する装置が提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このような装置を例え

ばトイレなどに実際に取付ける場合、高さの高い監視対象物の測定を可能にすると、低い監視対象物を監視するときの分解能が悪くなってしまう。逆に低い監視対象物に対する分解能を良くすると、高い対象物の測定ができなくなってしまう。測定すべき高さのダイナミックレンジ（高さ方向の測定範囲）があまり大きくない場合は問題にならないが、トイレなどで的人物の状況把握等の場合は、人が起立した状態から床に転倒している状態までの広い範囲の高さ測定を行う要求があったが、従来の装置では、広い範囲の高さをカバーして測定することはできなかった。

【0004】そこで本発明は、最小分解能が高く且つ測定可能な最大値が大きい三次元形状測定装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に係る発明による三次元形状測定装置は、例えば図1に示すように、測定対象物1を置く測定対象領域2に照明パターン114aを投影するパターン投影光学系113と；測定対象物1の置かれた測定対象領域2に投影された照明パターン114aを撮像する撮像光学系111と；撮像光学系111で撮像された照明パターン114aの画像と比較すべき基準パターン画像を保存する基準パターン画像保存ファイル117b（図18）と；撮像された照明パターン画像から抽出された測定点1a'と、前記基準パターン画像の測定点1a'に対応する基準点2a'の座標とを比較して、測定対象物1の3次元形状を演算する形状演算手段117a（図18）とを備え；複数の照明パターン画像を取得するために、前記パターン投影光学系と前記撮像光学系との少なくとも一方が、複数111、112備えられ；前記基準パターン画像は、前記複数のパターン投影光学系または撮像光学系111、112毎に、基準パターン画像保存ファイル117bに保存され；前記取得された複数の照明パターン画像と該照明パターン画像に対応する基準パターン画像とに基づいて形状演算手段117aで演算される複数の演算結果を統合する統合演算手段117c（図18）とを備える。

【0006】ここで、照明パターンは典型的には複数の輝点で構成される輝点パターン、またはラインで構成される縞模様の輝線パターンである。複数のパターン投影光学系と1つの撮像光学系との間隔は互いに異なる。または複数の撮像光学系と1つのパターン投影光学系との間隔は互いに異なる。パターン画像保存ファイルはイメージ画像に限らず、パターンが輝点パターンの場合は、輝点の位置を特定する座標によるものであってもよく、輝線パターンの場合は、ラインの位置を特定する座標によるものであってもよい。

【0007】このように構成すると、パターン投影光学系と前記撮像光学系との少なくとも一方が、複数備えら

れているので、基線長（パターン投影光学系と撮像光学系との距離）の異なる複数の測定系を構成することができ、複数の異なる画像パターンを得ることができる。また基準パターン画像保存ファイルに保存された基準パターンを呼び出して、これと取得された複数のパターン画像とを比較することができる。また統合演算手段を備えるので、複数の演算結果を統合することができる。

【0008】上記目的を達成するために、請求項2に係る発明による三次元形状測定装置は、例えば図1に示すように、測定対象物1を置く測定対象領域2に照明パターン114aを投影するパターン投影光学系113と；測定対象物1の置かれた測定対象領域2に投影された照明パターン114aを撮像する第1の撮像光学系111と；測定対象物1の置かれた測定対象領域2に投影された照明パターン114aを撮像する、第1の撮像光学系111とはパターン投影光学系113からの距離が異なる位置に設置された第2の撮像光学系112と；第1の撮像光学系111で撮像された照明パターン114aの画像と比較すべき第1の基準パターン画像と、第2の撮像光学系112で撮像された照明パターン114aの画像と比較すべき第2の基準パターン画像とを保存する基準パターン画像保存ファイル117b（図18）と；第1または第2の撮像光学系111、112で撮像された照明パターン画像から抽出された測定点1a'と、前記第1または第2の基準パターン画像の測定点1a'に対応する基準点2a'の座標とを比較して、測定対象物1の3次元形状を演算する形状演算手段117a（図18）とを備え；第1と第2の撮像光学系111、112で取得された2つの照明パターン画像と前記2つの基準パターン画像とに基づいて形状演算手段117aで演算される2つの演算結果を統合する統合演算手段117c（図18）とを備える。

【0009】ここで典型的には、パターン投影光学系と第1と第2の撮像光学系は測定対象領域に平行な面内に配置され、その面内でのパターン投影光学系からの距離が異なる。このときパターン投影光学系と第1と第2の撮像光学系は、ほぼ直線に沿って配置するのが好ましい。また第3以上の撮像光学系を備えてもよい。

【0010】上記目的を達成するために、請求項3に係る発明による三次元形状測定装置は、例えば図9に示すように、測定対象物1を置く測定対象領域2に照明パターンを投影する第1のパターン投影光学系113と；測定対象物1の置かれた測定対象領域に投影された照明パターンを撮像する撮像光学系111と；前記測定対象領域に照明パターンを投影する、第1のパターン投影光学系113とは撮像光学系111からの距離が異なる位置に設置された第2のパターン投影光学系118と；第1のパターン投影光学系113で投影された照明パターンの画像と比較すべき第1の基準パターン画像と、第2のパターン投影光学系118で投影された照明パターンの

画像と比較すべき第2の基準パターン画像とを保存する基準パターン画像保存ファイル117b(図18)と;第1または第2のパターン投影光学系113、118で測定対象物1の置かれた測定対象領域2が照明され、撮像光学系111で撮像された照明パターン画像から抽出された測定点と、それぞれ前記第1または第2の基準パターン画像の前記測定点に対応する基準点の座標とを比較して、測定対象物1の3次元形状を演算する形状演算手段117a(図18)と;第1または第2のパターン投影光学系113、118で測定対象物1の置かれた測定対象領域2が照明されて、取得された2つの照明パターン画像と前記2つの基準パターン画像とに基づいて形状演算手段117aで演算される複数の演算結果を統合する統合演算手段117c(図18)とを備え;撮像光学系111は、第1と第2のパターン投影光学系113、118で投影された照明パターンを区別して撮像可能に構成される。

【0011】ここで、第1、第2のパターン投影光学系に加えて、第3以上のパターン投影光学系を備えてもよい。

【0012】また請求項4に記載のように、請求項3に記載の三次元形状測定装置では、第1と第2のパターン投影光学系は、それぞれ投影を所定のタイミングをもって時分割で行わせるように構成してもよい。第1と第2のパターン投影光学系に、それぞれ投影を所定のタイミングをもって時分割で行わせるようにするには、典型的には例えば図9に示すようにタイミング発生手段119を備えるようにする。タイミング発生手段119は、該タイミングに合わせて撮像光学系111に撮像を行わせ、撮像された画像が第1と第2のパターン投影光学系113、118のうちどちらで照明されて得られた画像かを区別させる。

【0013】さらに請求項5に記載のように、また例えば図10に示すように、請求項3に記載の三次元形状測定装置では、第1と第2のパターン投影光学系121、122は、互いに光学的性質の異なる光を投影するように構成してもよい。

【0014】光学的性質は、典型的には波長であり、このときは、三次元形状測定装置は波長毎に別々に受光する受光素子を有する1以上の撮像素子を含んで構成される。また光学的性質は、偏光方位であってもよく、このときは、三次元形状測定装置は偏光方位毎の光を分割する偏光フィルタと、分割された偏光毎に、別々に受光する受光素子を有する1または複数の撮像素子を含んで構成するとよい。

【0015】さらに請求項6に記載のように、また例えば図2に示すように、請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の三次元形状測定装置では、パターン投影光学系が、コヒーレント光L1を発生する光源113aと;光源113aで発生されたコヒーレント光L1を通

過させる回折格子114とを備えるようにしてもよい。

【0016】回折格子114を通過したコヒーレント光は干渉によりパターンを生成する。回折格子114は、例えば複数のスリットを平行に切ったスリット板、光ファイバを平面に密着して並べたファイバグレーティング、シリンドリカルレンズアレイであってもよい。このように構成すると、複数のラインパターンを投影できる。また、図2に示すように、これらを重ねて方向を交差させて配列したものであってもよい。このときは、複数の輝点パターンを投影できる。

【0017】また請求項7に記載のように、また例えば図7に示すように、請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の三次元形状測定装置では、統合演算手段117c(図18)は、先ず前記パターン投影光学系と撮像光学系との距離が短い方(111a-114)の照明パターン画像に基づく演算結果を採用し、該演算結果に基づき、測定対象領域2からの高さが所定の値よりも低い高さZ1'を有する測定対象物1の地点を抽出し、その地点についてはパターン投影光学系と撮像光学系との距離が長い方(112a-114)の照明パターン画像に基づく演算結果を採用するように構成するとよい。図7には、前記所定の値よりも高い高さとしてZ1を示してある。

【0018】撮像光学系またはパターン投影光学系は、例えば図17に示すように、3以上備えてもよく、そのときは先ず前記パターン投影光学系と撮像光学系との距離がn番目に短い照明パターン画像に基づく演算結果を採用し、該演算結果に基づき、前記測定対象領域からの高さが所定の値よりも低い測定対象物の地点を抽出し、その地点についてはパターン投影光学系と撮像光学系との距離がn+1番目に短い照明パターン画像に基づく演算結果を採用し、この手順をn=1から最大距離の組み合わせまで繰り返して演算するように構成されていてもよい。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、各図において互いに同一あるいは相当する部材には同一符号または類似符号を付し、重複した説明は省略する。

【0020】図1は、本発明による第1の実施の形態である三次元形状測定装置10を示す概念的斜視図である。図中測定対象物としての直方体形状をした物体1が、測定対象領域としての平面2上に載置されている。XY軸を平面2内に置くように、直交座標系XYZがとられており、物体1はXY座標系の第1象限に置かれている。物体の代わりに人物を測定対象物としてもよい。

【0021】一方、図中Z軸上で平面2の上方には撮像光学系111が配置されている。ここでは便宜上撮像光学系は撮像レンズとしての1つの凸レンズ111aで構成されているものとして図示してある。撮像光学系11

10

20

30

40

50

1の撮像レンズ111aは、その光軸がZ軸に一致するように配置されている。撮像レンズ111aが、平面2あるいは物体1の像を結像する結像面（イメージプレーン）115は、Z軸に直交する面である。結像面115内にxy直交座標系をとり、Z軸が、xy座標系の原点を通るようにする。

【0022】平面2から撮像レンズ111aと等距離で、撮像レンズ111aからY軸の負の方向に距離d1だけ離れたところに、ファイバグレーティング（FG）素子114が配置されている。図2を参照して後で説明するように、FG素子114にはレーザー光L1がZ軸方向に入射して、正方格子状に点が配列されたパターンが平面2に照射される。即ち、物体1と平面2は、パターン状照明光で照明される。撮像光学系111には、画像処理手段としてのコンピュータ117が電氣的に接続されている。

【0023】さらにFG素子114から撮像光学系111の方向に距離d2だけ離れたところに、撮像光学系112が配置されている。撮像光学系111、112は並列に、また投影光学系113と共に直線上に配置されている。またここでは距離d1<距離d2である。

【0024】図2を参照して、FG素子114を説明する。FG素子114は、直径が数十ミクロン、長さ10mm程度の光ファイバを100本程度シート状に並べて、それを2枚ファイバが直交するように重ね合わせたものである。FG素子は、シートが平面2に平行に（Z軸に直角に）配置される。このFG素子114に、レーザー光L1を、Z軸方向に入射させる。するとレーザー光L1は、個々の光ファイバの焦点で集光したのち、球面波となって広がって行き、干渉して、測定領域としての投影面である平面2に、正方格子状に輝点マトリクスである輝点パターン114aが投影される。言いかえれば、平面2またはその上の物体1は、輝点パターン114aが投影されることによって、いわば輝点パターン状照明光で照明される。

【0025】このようなFG素子114によれば、光の回折効果により、グレーティングからの距離に依らずに点状光（輝点）や後で説明するライン光のコントラストの良いシャープな照明パターンを得ることができ、パターンの撮像に好適である。またこのようなFG素子を用いるときは、輝点の移動量を測定して演算するだけで三次元形状が測定できるので、三次元形状の測定が比較的簡単な演算手段で実現できる。また、光量を集中できるので周囲が明るい状態でも照明パターン（ここでは輝点）の撮像が簡単にでき好適である。

【0026】図3に、トイレの天井に配置された、FG素子114を用いた投影光学系113、撮像光学系111、112の斜視図を示す。これら素子、光学系は、画像処理装置117を収納した収納パネル上に直線状に配置されている。

【0027】図4に、撮像光学系111、112の結像面115、116をZ軸方向に見た平面図を示す。図示のように、結像面115、116は、FG素子114からy軸方向に直線上に、それぞれ距離d1、d2をもって並列配置されている。

【0028】図1に戻って、第1の実施の形態の作用を説明する。ここでは、撮像光学系111と測定対象物体1との関係を示している。撮像光学系112については距離d2が距離d1より大きい点を除けば同様である。FG素子114により平面2に投影された輝点パターン114aは、物体1が存在する部分は、物体1に遮られ平面2には到達しない。ここで物体1が存在しなければ、平面2上の点2a（X、Y、Z）に投射されるべき輝点は、物体1上の点1a（X1、Y1、Z1）に投射される。輝点が点2aから点1aに移動したことにより、また撮像レンズ111aとFG素子114とが距離d1だけ離れているところから、結像面115上では、点2a'（x、y）に結像すべきところが点1a'（x、y+δy）に結像する。即ち、y軸方向に距離δyだけ移動する。なお、撮像レンズ111aとFG素子114とは、y軸方向には離れているが、x軸方向には離れていないので、点1a'のx軸方向の移動量をδxとすると、δx=0である。すなわちx軸方向の移動は考える必要がない。

【0029】このδyを計測することにより、物体1上の点1aの位置が三次元的に特定できる。このように、ある輝点が、物体1が存在しなければ、結像面115上に結像すべき点と、結像面115上の実際の結像位置との差を測定することにより、物体1の三次元形状が計測できる。あるいは物体1の三次元座標が計測できるといってもよい。輝点の対応関係が不明にならない程度に、パターン114aのピッチ、即ち輝点のピッチを細かくすれば、物体1の三次元形状はそれだけ詳細に計測できることになる。

【0030】なお、パターン投影光学系及び複数の撮像光学系が、対象領域に略平行な面内で直線に配置されているときは、物体の存在による照明パターンの移動方向を同一方向にできるので、複数の演算装置での演算アルゴリズムをほとんど同じ構成にすることができる。したがって、装置の構成が単純になる。また、装置内のデバイスの配置も単純になり構成が簡単になる。

【0031】図5、図6の平面図、及び図7の側面図を参照して、以上の測定原理を説明する。図5は、測定対象物が無い場合の測定対象領域に投影された輝点パターンの、結像面115または結像面116上への撮像画像を示す。正方格子状に輝点マトリクスであるパターン114aの画像が形成されている。

【0032】図6は、測定対象物が置かれた場合の測定対象領域及び測定対象物に投影された輝点パターンの、結像面115または結像面116上への撮像画像を示

す。正方格子状の輝点マトリクスのうち、測定対象物に投影された部分が δy （結像面115上または結像面116上）だけ移動したパターンの画像が形成されている。

【0033】図7は、撮像光学系111、FG素子114、測定対象物1、平面2との関係をX軸方向に見た側面図である。（a）は、測定対象物1の高さが比較的高い $Z1$ である場合、（b）は、測定対象物の高さが $Z1$ より低い $Z1'$ である場合を示している。（a）の場合、FG素子114の中心と撮像レンズ111aの中心とは、平面2に平行に距離 $d1$ だけ離して配置されており、撮像レンズ111aから結像面115までの距離は l （エル）（撮像レンズ111aの焦点とほぼ等し

$$Z1 = (h^2 \cdot \delta y1) / (d1 \cdot l + h \cdot \delta y1) \quad \cdots \text{式1}$$

$$\delta y1 = (d1 \cdot l \cdot Z1) / h \cdot (h - Z1) \quad \cdots \text{式2}$$

【0035】式1と式2を使って、このような装置を例えばトイレなどに実際に取付ける場合の測定可能な $Z1$ の最小値及び最大値を検討する。式1中の h に付いては、装置は人の邪魔にならないように天井に取付ける場合がほとんどであるので、式1、式2中の h の値は自ずと決る。また、 l （エル）の値もトイレ内全体を撮影できるような値に自ずと決る。

【0036】ここで残りの変数の $\delta y1$ と $d1$ について考える。高さ $Z1$ が小さい物の場合、 $\delta y1$ はイメージプレーンの例えば画素の大きさに定まる最小分解能以上である必要があり、もし最小分解能に満たない場合は $d1$ を大きくすることにより測定可能にすることができ。しかしながら、逆に高さ $Z1$ が大きい物の場合、 $\delta1$ の最大値がイメージプレーン115上の y 方向の隣の輝点までの距離以下になるように $d1$ を小さく調整しなければならなくなる。この場合、輝点間隔を広くすれば測定可能な高さの最大値を大きくできるが、その場合は高さの測定点が疎になってしまう。このように、複数の輝点を用いた高さ測定のダイナミックレンジは、イメージプレーンの最小分解能とFG素子114とレンズ111a間の距離 $d1$ （基線長と呼ぶ）で制約を受ける。即ち、分解能を高く（識別可能な大きさの最小値を小さく）すると大きな高さの測定ができなくなり、大きな高さの測定に対応しようとする分解能が低く（識別可能な大きさの最小値が大きくなる）になってしまう。この問題に対応するために、輝点間隔を大きくする方法があるが、そうすると測定点間隔が空いてしまい詳細な三次元形状が測定できなくなってしまうという問題が生じる。

【0037】そこで、測定対象物1の高さが $Z1'$ と低い場合は、（b）に示すように、撮像光学系112による画像を利用する。撮像光学系112の撮像レンズ112aは、FG素子114から距離 $d2$ だけ離して配置されている。ここでは $d1 < d2$ である。その他の寸法関係は、撮像光学系111と同様である。式1、式2も、 $Z1$ を $Z1'$ と、 $d1$ を $d2$ と、 $\delta y1$ を $\delta y2$ と置き

*い）、撮像レンズ111aから平面2までの距離は h 、測定対象物1の点1aの平面2からの高さは $Z1$ である。測定対象物1が平面2上に置かれた結果、結像面115上の点2a'は $\delta y1$ だけ離れた点1a'に移動した。

【0034】図中撮像レンズ111aの中心と点1aとを結ぶ線が平面2と交差する点を2a"とすれば、点2aと点2a"との距離 D は、三角形1a'-2a'-111aと三角形2a"-2a-111aとに注目すれば、 $D = \delta y1 \cdot h / l$ であり、三角形111a-114-1aと三角形2a"-2a-1aに注目すれば、 $D = (d1 \cdot Z1) / (h - Z1)$ である。この両式から $Z1$ 及び $\delta y1$ を求めると次式ようになる。

かえればそのまま使える。

【0038】（b）には、低い測定対象物を撮像光学系111で画像形成した場合を破線で示してある。その場合は、結像面上の輝点の移動量は $\delta y1$ であり、 $Z1'$ が小さく、また $d1$ も小さいので、式2から分かるように、 $\delta y1$ は小さい値となり、画素サイズから定まる分解能を下回ってしまう。そこで撮像光学系112で形成された画像を用いる。この場合は $d2$ が $d1$ より大きいので、式2（変数の置き換えをして、 $\delta y2 = (d2 \cdot l \cdot Z1') / h \cdot (h - Z1')$ ）から分かるように、 $Z1'$ が小さい分を $d2$ が相殺することになり、十分に大きい $\delta y2$ が得られる。

【0039】このように本実施の形態によれば、測定すべき高さのダイナミックレンジが大きい場合でも、即ちトイレなどで、人が起立した状態から床に転倒している状態までの広い範囲の高さ測定を行う要求がある場合でも、対処することができる。ここでは撮像光学系を2個用いる場合で説明したが、さらに距離 $d2$ より大きい距離 $d3$ の位置に第3の撮像光学系を配置することにより、さらに広い範囲の高さをカバーすることができる。もちろん同様に、段階的に距離を大きくした第4以上の撮像光学系を配置してもよい。この場合、距離の短い撮像光学系から順番に測定対象物の高さを測定し、結像面の分解能限界に到る手前の高さ閾値を下回る高さ地点を抽出し、その地点については、次に距離の短い位置の撮像光学系を用いるようにすればよい。

【0040】図8の結像面の平面図を参照して第2の実施の形態を説明する。第1の実施の形態では、投影光学系であるFG素子114と撮像光学系111、112を1つの直線上に配置する場合で説明したが、第2の実施の形態では、撮像光学系112（結像面116）をFG素子114から見て撮像光学系111（結像面115）の配置方向に直角な方向に配置してある。但し、FG素子114から2つの撮像光学系までの距離 $d1$ 、 $d2$ が異なる点は第1の実施の形態と同様である。距離 $d1$ 、

d2が異なるので、第1の実施の形態で説明したのと同様な作用効果が得られる。

【0041】図9の模式図を参照して、第3の実施の形態を説明する。この実施の形態では、測定対象物1の鉛直方向上方に、撮像光学系としての1個のCCDカメラ111、これと一直線上に距離d1をもってパターン投影光学系としての輝点投光器113、距離d2をもって同じく輝点投光器118が配置されている。

【0042】輝点投光器113と輝点投光器118には、タイミング発生装置119が接続されている。タイミング発生装置119には、CCDカメラ111と画像処理装置としての演算装置120が接続されている。タイミング発生装置119はタイミング信号を発生し、輝点投光器113と118を交互に発光させる。またタイミング信号は、カメラ111と演算装置120にも送信され、輝点投光器113が発光しているときの画像と輝点投光器118が発光しているときの画像とを区別して、演算装置120が取り込むことができるように構成されている。

【0043】この実施の形態では、撮像光学系は1つであるが、複数のパターン投影光学系から時分割でパターン投影を行い、それらのパターン投影光学系の投影タイミングと同期を取って区別して撮像・演算することにより、どのパターン投影光学系から出射した照明パターンかを区別することができるので、実質的に基線長dの長さの違う複数の測定系を構成することができる。

【0044】さらに説明すれば、例えばタイミング発生装置119から投光器113を発光させる信号が送られる。それと同時にCCDカメラ111のシャッターを開放する信号をCCDカメラ111に送って画像を撮影する。この画像は、演算装置120に送られて輝点の移動量により物体の高さが計算されるが、このときタイミング発生装置119からどちらの投光器が光ったという情報が送られるので、演算装置120では、例えば投光器113が光ったときはその基線長d1で高さの計算を行うことができる。投光器118の場合も投光器113が発光していないときに同様の処理を行う。

【0045】このようにすれば、実施の形態1で述べたような計算で、高さの低い物体から高い物体までの三次元形状計測ができる。ここで、輝点発光器113、118としては、先に説明したようなファイバの方向が直交するように2枚重ねたクロス型のファイバグレーティングや、小さなレンズが縦横に並んだマイクロレンズアレイなどを用いることができる。また投光器は2台に限らず、3台以上にしてd1より短い基線長やd2より長い基線長を構成すると更に測定可能な高さの範囲が広がって好適である。

【0046】このようにすると、投影光学系と撮像光学系との距離が異なる2つの画像が得られるので、第1の実施の形態の場合と同様に、測定対象物の高さに応じ

て、それぞれの画像の輝点移動距離 δy_1 と δy_2 は、共に結像面内に収まり且つ結像面の分解能以上の値にすることができる。

【0047】図10の模式図を参照して第4の実施の形態を説明する。この図では、測定対象物は図示を省略してある。この実施の形態は、撮像光学系は1つであるが、光学的性質別に照明パターンを撮像することにより、どのパターン投影光学系から出射した照明パターンかを区別することができるので、実質的に基線長dの長さの違う複数の測定系を構成することができるものである。

【0048】図中、光学的性質の異なる光を投影する手段としての、R光（レッド例えば波長630nmの単色光）を投影する輝点投光器121、B光（ブルー例えば波長470nmの単色光）を投影する輝点投光器122が、カラーCCDカメラ123と一直線上に配置されている。カメラ123と投光器121、122の距離は、それぞれd1、d2である。カラーCCDカメラ123には、カメラ123からの信号を取り込んで、R、G、Bを区別して処理する演算装置124が接続されている。

【0049】単色光源としては、レーザや、通常の白色光源例えばハロゲンランプにフィルタを適用して単色化したもの、波長によっては鋭い輝線スペクトルを有するナトリウムランプなどを用いることができる。

【0050】この実施の形態では、輝点投光器121、122は、継続的に点灯してよい。この両投光器で投影されたパターンは、カラーCCDカメラ123で撮像され、R光で形成された画像とB光で形成された画像とが、カラーCCDカメラ123のR光とB光を担当するCCD素子に受光されて、レッド画像、ブルー画像として、2つの異なる画像として区別されて演算装置124に出力される。投光器はR光とB光の組み合わせに限らず、G光とR光またはB光とを組み合わせ用いてもよい。

【0051】演算装置124では色毎に基線長が分かっている所以、第1の実施の形態と同様にして物体の三次元形状が測定される。カラーカメラ123には、色毎に受光するCCD素子を用意し、別々のCCD素子で色毎の画像を撮像する3板式と1枚のCCD素子に配した波長フィルタを用いて色毎の画像を撮像する1板式があるが、そのどちらを利用してもよい。

【0052】本実施の形態では、比較的簡単に入手できる一般的なカラーCCDカメラを使用するものとして説明したが、測定に好適な波長の光を使用できるようにするために、各種フィルタやビームスプリッタを用いて、2つの投光器のそれぞれの波長の輝点のみを撮影するカメラを特別に製作してもよい。例えば、780nmと840nmの近赤外線光で照明する場合、図11に示すようなカメラを用いて2つの波長によるパターン画像を区

別して撮像することができる。780nmや840nmの波長の光源には、市販の半導体レーザーを利用できる。図11中のビームスプリッタや波長フィルタは、一般に市販されているものを用いることができる。

【0053】図11を参照して、第4の実施の形態で使用するカラーCCDカメラの構成例を説明する。カラーCCDカメラ123は、撮像レンズ201とそれによって測定対象物1の画像を形成するCCD素子204を備え、撮像レンズ201とCCD素子204との間にはビームスプリッタ202及び波長フィルタであるR（レッド）光フィルタ203がこの順番で配置されている。またビームスプリッタ202の反射方向には別の波長フィルタであるB（ブルー）光フィルタ205、CCD素子206がこの順番に配置されている。

【0054】このような構成のカラーCCDカメラ123では、R光で投影されたパターンは、ビームスプリッタ202を透過した光をR光フィルタ203を通すことによってCCD素子204に結像し、B光で投影されたパターンは、ビームスプリッタ202で反射された光をB光フィルタ205を通すことによってCCD素子206に結像する。CCD素子204、206からの画像信号は、図10で説明したように、それぞれ演算装置124に送られて処理される。

【0055】なお図11のカメラでは、ビームスプリッタをもう一つ追加して、3つの像を形成するように構成してもよい。例えばビームスプリッタ202とR光フィルタ203との間に不図示のビームスプリッタを挿入し、その反射方向にG光フィルタとCCD素子をこの順番に配置する。輝点投光器としては、R光投光器、B光投光器の他に、カメラからの距離をそれぞれの投光器からの距離と異なる距離にG（グリーン）光投光器を配置する。以上のように構成すると、3つのCCD素子にそれぞれR、G、B光による画像が形成される。

【0056】図12の斜視図を参照して、第5の実施の形態で使用する投影光学系と撮像光学系の例を説明する。この装置は例えば不図示のトイレの天井に取り付けられる、画像処理装置134を収納する直方体のパネルの表面に、撮像光学系としてのCCDカメラ133、このカメラから距離d1位置に投影光学系としての輝点投光器131、距離d2の位置に同じく輝点投光器132が、不図示のトイレの床に平行な直線状に配置されている。輝点投光器131、132は、それぞれ図2を参照して説明したようなFG素子を備えている。

【0057】また輝点投光器131は、図中前記直線（基線）に平行な方向の偏光を透過させる偏光板131aを、輝点投光器132は、前記直線に直角な方向の偏光を透過させる偏光板132aを、それぞれのFG素子の前または後に備えている。但し、偏光板の配置される位置は、前記に限らず、測定対象物（不図示）1と、光源との間であればどこでもよいし、偏光板131a、1

32aの偏光方向は、互いに直交する方向であれば、前記方向に限定されるものではない。このように偏光板131a、132aは異なる偏光方向を有するので、輝点投光器131、132は、互いに光学的性質の異なる光を投影する投影光学系の一例である。

【0058】図13を参照して、図12の装置で 사용되는CCDカメラの構成例を説明する。CCDカメラ133は、撮像レンズ211とそれによって測定対象物1の画像を形成するCCD素子214を備え、撮像レンズ211とCCD素子214の間には偏光ビームスプリッタ212が配置されている。偏光ビームスプリッタ212は、図中紙面に平行な偏光方向の光を透過し、紙面に垂直な偏光方向の光を反射する。光の反射方向には、CCD素子216が配置されている。この例では、偏光ビームスプリッタを用いるので、部品点数を削減できる。

【0059】このような構成のCCDカメラ133では、輝点投光器131（図12）で投影されたパターンは偏光ビームスプリッタ212を透過するので、これをCCD素子214に結像し、輝点投光器132（図12）で投影されたパターンは偏光ビームスプリッタ212で反射されるので、この光をCCD素子216に結像する。CCD素子214、216からの画像信号は、図10で説明したのと同様に、それぞれ演算装置に送られて処理される。

【0060】図14を参照して、図13で説明したCCDカメラの構成の変形例を説明する。CCDカメラ133aは、撮像レンズ221とそれによって測定対象物1の画像を形成するCCD素子224を備え、撮像レンズ221とCCD素子224の間にはビームスプリッタ222が配置されている。ビームスプリッタ222は、偏光ビームスプリッタ212と異なり、全ての光を半分ずつ透過しまた反射する。ビームスプリッタ222とCCD素子224の間には、図中紙面に平行な偏光方向の光を透過する偏光フィルタ223が挿入配置されている。またビームスプリッタ222の反射方向にはCCD素子226が配置されており、ビームスプリッタ222とCCD素子226の間には、図中紙面に垂直な偏光方向の光を透過する偏光フィルタ225が挿入配置されている。

【0061】このような構成のCCDカメラ133aの作用効果は、図13を参照して説明したCCDカメラ133と同様であるので重複した説明は省略する。

【0062】なおこの場合も図11で説明したのと同様に、ビームスプリッタと偏光板をもう一つずつ追加して、3つの像を形成するように構成してもよい。偏光方向毎に、3つのCCD素子にそれぞれ異なった画像が形成される。このときは偏光方向は90度ではなく、3つの偏光方向を互いに60度ずらすのがよい。

【0063】図15の概念的斜視図を参照して、本発明

による第6の実施の形態である三次元形状測定装置140を説明する。この実施の形態では、第1の実施の形態と異なり、輝点パターンではなく輝線パターンを投影する。輝線は基線に直交する線により構成されている。その他は第1の実施の形態と同様である。測定対象物としての直方体形状をした物体1の平面2への置き方、直交座標系XYZのとり方、撮像光学系111の撮像レンズ111aの配置、結像面（イメージプレーン）115の配置も図1の場合と同様である。但し輝線の移動は輝線に交差する方向であるy軸方向だけ考えればよい。

【0064】平面2から撮像レンズ111aと等距離で、撮像レンズ111aからY軸の負の方向に距離d1だけ離れたところに、ファイバグレーティング（FG）素子141が配置されている。FG素子141にはレーザー光L1がZ軸方向に入射されるが、図2の場合と違って、正方格子状ではなく平行で等間隔に配列された直線状のパターンが平面2に投影される。即ち、物体1と平面2は、直線パターン状照明光で照明される。撮像光学系111には、画像処理手段が電氣的に接続されている。

【0065】さらにFG素子141から撮像光学系111の方向に距離d2だけ離れたところに、不図示の撮像光学系112が配置されている。撮像光学系111、112は並列に、また輝線投光器141と共に、平面2に平行な直線上に配置されている。また距離d1<距離d2である。

【0066】このような輝線パターンを投影する発光器は、図2の場合と同様な光ファイバを並べたシートを、図2に示すFG素子と違って1枚だけ平面2に平行に（Z軸に直角に）配置したものである。このFG素子141に、レーザー光L1を、Z軸方向に入射させると、レーザー光L1は個々の光ファイバーの焦点で線状に集光したのち、円筒面波となって広がって行く。そして互いに干渉して、測定領域としての投影面である平面2に、平行で等間隔な輝線パターン141aとして投影される。

【0067】図16の、結像面に形成された輝線パターン（縞模様）画像を参照して、第6の実施の形態の作用を説明する。輝線であるので、一方向に連続したパターンである点を除けば、第1の実施の形態で説明したのと同様な作用を有する。即ち、図示のように、高さのある測定対象物体1により、輝線パターン画像は、 δ だけy軸方向に移動する。この場合にも輝点の場合と同様に式1、式2が適用できる。カメラ112に形成される画像においても、同様である。第1の実施の形態の δy をこの δ に置き換えて、y軸方向の分析を採用すればよいので以下重複する説明を省略する。

【0068】輝線パターン例えばスリット光を使用した場合は、輝点を使用した場合とは違い、スリット光上の任意の地点でスリット光の移動距離を測定できるので、

輝点を投影する場合に比べてy方向の分解能を向上することができるという利点がある。特にスリット線に直交する方向に流れるベルトコンベアなどに乗せられた物体の三次元形状測定には好適である。

【0069】このような輝線パターン（縞模様パターンといってもよい）を投影するものとしては、回折格子や先に説明したファイバを横に密着して並べて回折格子と同じ効果を持たせたファイバグレーティング（FG素子）の他、シリンドリカルレンズアレイ、また単純に、複数のスリットが平行に明けられたスリット板を用いてスリット状の光束を照射する方法などが挙げられる。

【0070】図17の側面図を参照して、撮像光学系またはパターン投影光学系を3以上備える場合を説明する。本図は、撮像レンズ111a、複数（3個図示）の投影光学系114（n）、114（n+1）、114（n+2）、高さZ1、Z2、Z3を有する測定対象物1、平面2との関係をX軸方向に見た側面図である。ここで3個の投影光学系については、撮像レンズ111aからの距離は、投影光学系114（n）が一番近く、投影光学系114（n+2）が最も遠いものとする。また高さ間には、Z1>Z2>Z3の関係があるものとする。

【0071】この例では、まず高さZ1の地点については投影光学系114（n）によるパターン画像に基づく演算結果を採用し、また該演算結果に基づき、前記測定対象領域からの高さが所定の値よりも低い測定対象物の地点を抽出し、その地点の高さZ2については投影光学系（n+1）によるパターン画像に基づく演算結果を採用し、高さZ3の地点については投影光学系（n+2）によるパターン画像に基づく演算結果を採用するというようにする。投影光学系が4以上の場合は、以上の操作を繰り返す。

【0072】このようにすると、簡単なアルゴリズムで複数の基線長の違う測定の結果を統合することができ、高さの高い部分から低い部分までデータを得ることができる。

【0073】ここで所定の値とは、それを越えて低くなると結像面上の点の移動量 δ がCCDカメラの画素サイズから定まる分解能を下回ってしまう値と、それより高いところで次の投影光学系に切りかえると移動量 δ がCCDカメラの結像面を外れてしまうか、または隣り合う輝点同士の間隔を越えてしまうような値との間の値に定めればよい。

【0074】図18を参照して、本発明の画像処理手段であるコンピュータの構成例を説明する。コンピュータ117は、形状演算部117a、基準パターン画像保存ファイル117b、統合演算部117cを備えている。基準パターン画像保存ファイル117bには、平面2（図1）に物体1が置かれていないときの輝点パターンの画像が保存される。これが基準パターン画像となる。

【0075】基準パターン画像を取り込むには、まず、平面2に何も置かない状態で、例えば図3に示す装置を用いて、輝点投光器113で輝点パターンを平面に投影する。次にCCDカメラ111で平面2上のパターンを撮像する。撮像されたパターンを、形状演算部で二値化や重心検出などの画像処理手法により輝点の重心の座標を基準座標データに変換する。この基準座標データを、CCDカメラ111用の基準パターン画像として基準パターン画像保存ファイル117bに保存する。同様に、CCDカメラ112を用いて取得した基準座標データを、CCDカメラ112用の基準パターン画像として基準パターン画像保存ファイル117bに保存する。即ちこの例では、画像保存ファイル117bには、画像は座標データで保存されるので、イメージデータで保存する場合と比較して、データ量を少なくでき保存領域を効率的に使用できる。もちろんイメージデータで保存してもよい。

【0076】次に、物体1が平面に置かれた状態で、輝点投光器113により輝点パターンを平面2（及び物体1）に投影し、CCDカメラ111で平面2（及び物体1）上のパターンを撮像する。撮像されたパターンを、形状演算部117aで基準パターンを取得したのと同じ画像処理手法により輝点の重心の座標を座標データに変換する。この座標データを、ファイル117bから呼び出された基準座標データと比較して、 δy_1 を求め、式1によりZ1を算出する。算出したZ1を輝点の座標と対応させることにより、物体1の三次元形状を特定することができる。

【0077】同様に、CCDカメラ112を用いて、物体1の低い地点の高さZ2を求める。CCDカメラ112よりも距離の遠い第3のカメラが備えられているときは、これを用いてさらに低い地点の高さを求めることができる。

【0078】このようにして求められた、物体1の各部の高さ情報を、統合演算部117cに送り、これらを統合して高い地点から低い地点までをカバーする、物体1の形状を測定する。

【0079】基準パターン画像保存ファイル117bに平面2の輝点パターンをイメージで保存しているときは、物体1が置かれたときの画像もイメージで取り込み、イメージ画像同士の比較で移動距離 δy を計算する。図3では、演算装置117は、2つのカメラに1つ備えられるものとして示したが、CCDカメラ111用の演算装置、CCDカメラ112用の演算装置を別々に備え、両演算装置の演算結果を統合する第3の演算装置というように独立した構成としてもよい。

【0080】図9には、本発明の実施の形態をトイレに適用した場合を図示してあるが、老人介護施設などに用いれば、トイレで何か異常が生じたような場合に、プライバシーを損なうことなく、その異常を検知することが

できる。特に時間による変化を測定すれば、本来の変化とは異なる極端な変化を検出したとき、異常と判断しそれを検知することができる。時間は、例えば1分おき、5分おき、10分おきのような間隔を、目的に応じて設定すればよい。

【0081】また、光源の使用波長を可視光以外の波長としてもよい。このように構成すると、測定対象物が人であるときなどに、対象となる人物に気づかれずに撮像することができる。光源としてはパルス光源を使用してもよい。パルスとすれば、光源に使用するエネルギーを削減できる。

【0082】なお撮像素子の例としては、CCDの他にCMOS構造の素子を使用してもよい。特にこれらの中には、素子自体にフレーム間差算や二値化の機能を備えたものがあり、これらの素子の使用は好適である。

【0083】

【実施例】図19を参照して、本発明の実施例を説明する。この実施例は図3の斜視図及び図4の模式図に示す装置を用いた場合である。図3に示す装置を部屋の天井に、投影光学系113の出射側即ちFG素子114側及びCCDカメラ111、112の対物レンズ側が部屋の床を向くように配置する。

【0084】図7に示すような寸法関係で前記装置は配置されている。CCDカメラ111、112の結像面115、116上での輝点の移動量 δy_1 、 δy_2 は、式2に示したように表せる。

【0085】図19(a)に本実施例1で得られたデータを示す。本実施例では、一般的な部屋及び撮像範囲を想定して、 $h=2000\text{mm}$ 、 $l(\text{エル})=4\text{mm}$ 、 $d_1=30\text{mm}$ 、 $d_2=100\text{mm}$ に設定した。図の表に示すように、Zの値によって δy_1 、 δy_2 は、変化する。現在一般的なCCD素子の画素ピッチは $10\mu\text{m}$ 前後なので、これを考慮すると、CCD素子115だけでは、Zが 290mm 以上の物体でないと測定できないが、CCD素子116があるので、Zが 100mm 以上の物体まで測定できることになる。また、CCD素子のx軸方向サイズを 7mm として、床に何もなるときx軸方向に輝点が約20個があると仮定すると、この方向の輝点間隔は $350\mu\text{m}$ 程度である。これを考慮すると、CCD素子116だけでは高さZが 1270mm 以下の物体でないと測定できない。しかしながら、CCD素子115があるので、高さZが 1700mm 以下の物体まで測定できる。なお、これらの演算はコンピュータのソフトウェアや電子回路で構成された演算装置で計算される。

【0086】また、本実施例では投光器113、CCDカメラ111、112が直線状に並んでいたが、例えば設置スペースの問題などで、図8に示すように、直線状に並んでいないような配置にしてもよい。この場合も第1の実施例で説明したのと同様に、高さの低い物体から

高い物体まで測定することが可能になる。但し、CCD素子のx軸、y軸の配置方向によっては、素子115、116で輝点の移動方向が一致しない場合もある。しかしながら、それぞれの素子の結果を計算する演算装置の演算アルゴリズムを方向に合うように少し変更するだけで、素子115、116が直線に並んで配置されている場合と同様に計算できる。

【0087】本実施例では、CCDカメラを用いたが撮像管やCMOSカメラなどの他の撮像デバイスを用いたカメラでもよい。また、本実施例ではカメラを2台用いたが、次に説明する実施例2のように、数を増やしてd1より短い基線長やd2より長い基線長を構成すると、更に測定可能な高さの範囲が広がって好適である。

【0088】図17で説明したように、投影光学系または撮像光学系を複数、特に3以上備える装置の実施例を以下説明する。

【0089】本実施例では、複数の演算手段からの物体の高さ情報を統合して最終的な三次元情報を出力する統合演算装置を用いている。実施例1と同様にして、 $h = 2000\text{mm}$ 、 $l(\text{エル}) = 4\text{mm}$ とし、 $d1 = 30\text{mm}$ 、 $d2 = 100\text{mm}$ 、 $d3 = 300\text{mm}$ とした。

【0090】図19(b)の表に、本実施例で得られたデータ、即ち、物体の高さZによる $\delta y1$ 、 $\delta y2$ 、 $\delta y3$ の値を示す。

【0091】ここで、実施例1と同様にCCD素子の画素ピッチを $10\mu\text{m}$ 、隣の輝点同士の間隔はCCD素子上で $350\mu\text{m}$ とする。

【0092】図19(b)の表において、まず始めに最も基線長の短い組合わせの画像からの高さ演算結果を考える。ここでは、基線長d1の組の輝点移動量 $\delta y1$ がそれにあたる。このとき、一定値以下の輝点移動の部分の測定は、次に基線長の短い(現在の基線長より次に長い基線長)組合わせの画像からの高さ演算を考えるので、その一定値を $\delta y1 = 10\mu\text{m}$ のときの高さ $Z = 290\text{mm}$ とすると、その値以下の高さの測定は、次に基線長の短い基線長d2の組合わせの演算結果から採用される。高さが高い方は $\delta y1$ が隣の輝点との距離以下であればよいので、 $\delta y1$ が $340\mu\text{m} (< 350\mu\text{m})$ である、 $Z = 1700\text{mm}$ まで測定可能である。

【0093】基線長d2の場合も同様にして $\delta y2 = 10\mu\text{m}$ のときの高さ $Z = 100\text{mm}$ まで測定できる。それ以下の高さは、同様にして基線長d3の組合わせの演算結果から $\delta y3 = 10\mu\text{m}$ 以上、即ち $\delta y3$ が $12.2\mu\text{m}$ である、 $Z = 40\text{mm}$ 以上の高さのデータが採用される。

【0094】このように処理をすれば、複数の高さ測定の結果を統合して、詳細な測定結果を得ることができ、本実施例では $Z = 40 \sim 1700\text{mm}$ の高さの物体を測定できる。このような演算は、コンピュータや電子回路で実現できる。演算装置は、演算毎に分けてもよいし、

1台の演算装置内部で計算のための式を次々に変更して計算するような方式にしてもよい。

【0095】

【発明の効果】パターン投影光学系と撮像光学系との少なくとも一方が、複数備えられているので、基線長の異なる複数の測定系を構成することができ、複数の異なる画像パターンを得ることができる。また基準パターン画像保存ファイルに保存された基準パターンを呼び出して、取得された複数のパターン画像と比較することができる。また統合演算手段を備えるので、複数の演算結果を統合することができる。このようにして、最小分解能が高く且つ測定可能な最大値が大きい三次元形状測定装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態である三次元形状測定装置の概念的斜視図である。

【図2】第1の実施の形態で用いるFG素子を説明する概念的斜視図である。

【図3】FG素子と2個のカメラを有する三次元形状測定装置の斜視図である。

【図4】第1の実施の形態である三次元形状測定装置で用いる2個の撮像光学系の結像面を概念的に示す平面図である。

【図5】測定領域に物体が無い場合の輝点パターンの撮像画像を示す平面図である。

【図6】測定領域に物体が有る場合の輝点パターンの撮像画像を示す平面図である。

【図7】測定対象物の高さと結像面上の輝点の移動との関係を線図で示す側面図である。

【図8】第2の実施の形態である三次元形状測定装置で用いる2個の撮像光学系の結像面を概念的に示す平面図である。

【図9】第3の実施の形態である三次元形状測定装置の構成を示す模式的線図である。

【図10】第4の実施の形態である三次元形状測定装置の構成を示す模式的線図である。

【図11】第4の実施の形態で用いるカラーCCDカメラの構成例を示す模式的断面図である。

【図12】第5の実施の形態で使用するカメラと2個の輝点投光器を含んで構成される三次元形状測定装置の斜視図である。

【図13】第5の実施の形態で用いるカメラの構成例を示す模式的断面図である。

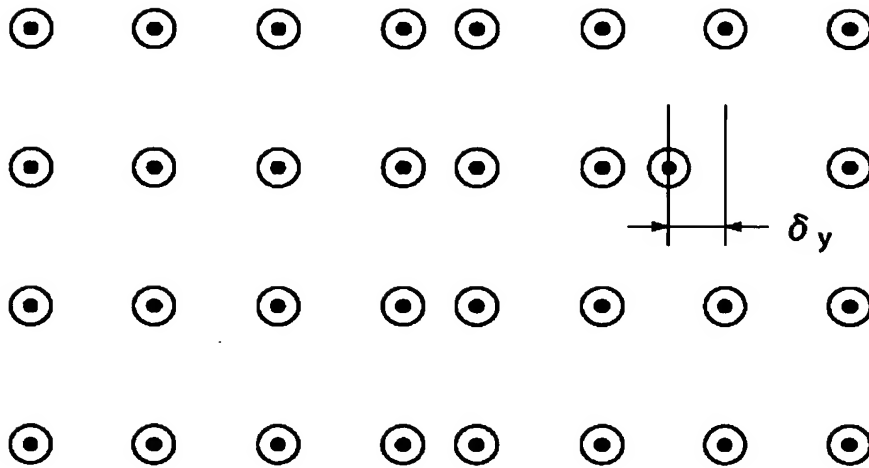
【図14】第5の実施の形態で用いるカメラの別の構成例を示す模式的断面図である。

【図15】本発明の第6の実施の形態である三次元形状測定装置の概念的斜視図である。

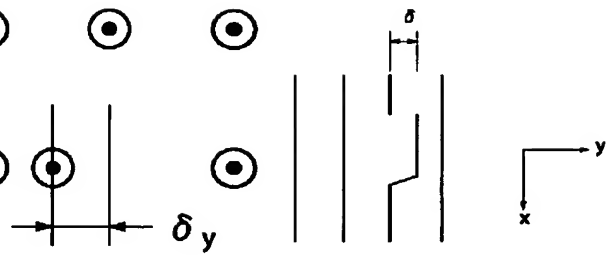
【図16】第6の実施の形態のパターン画像の説明をする線図である。

【図17】撮像光学系またはパターン投影光学系を3以

【図5】

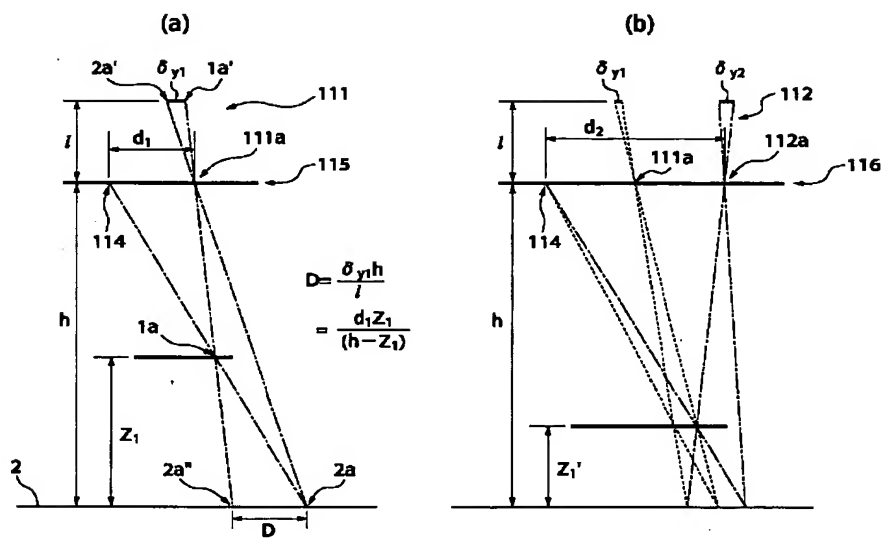


【図6】

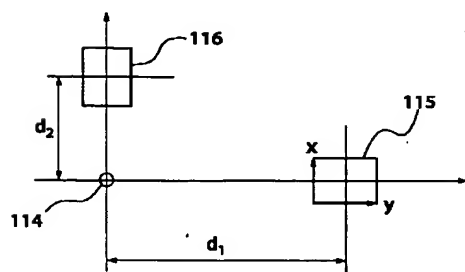


【図16】

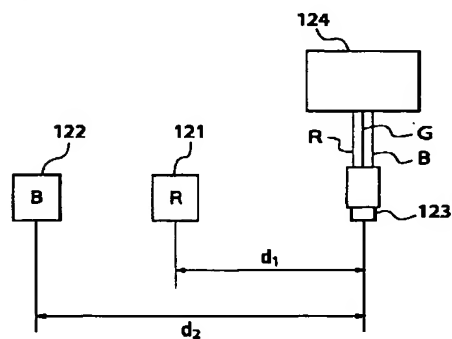
【図7】



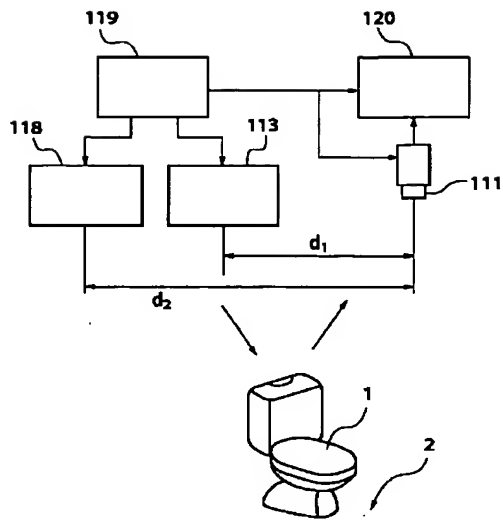
【図8】



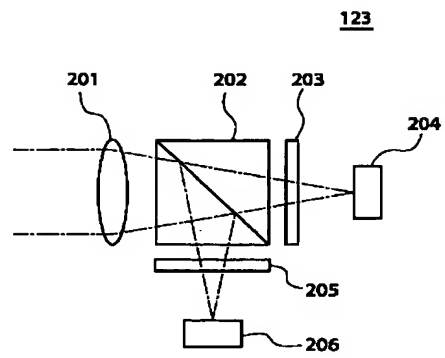
【図10】



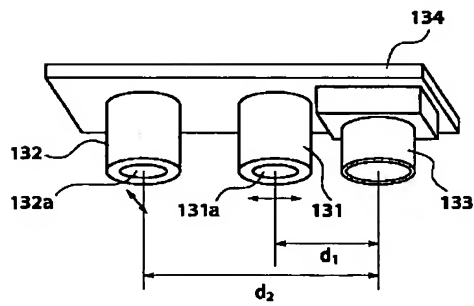
【図9】



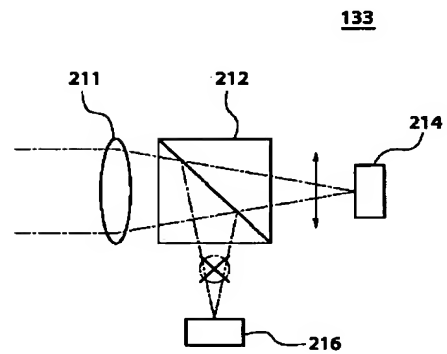
【図11】



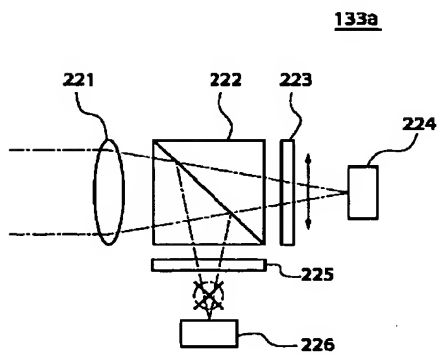
【図12】



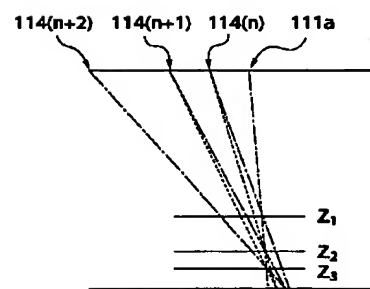
【図13】



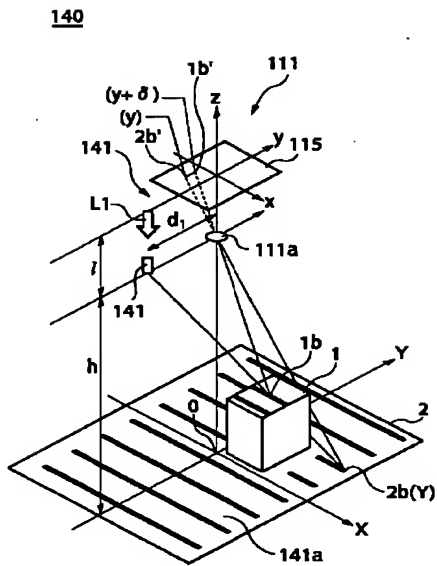
【図14】



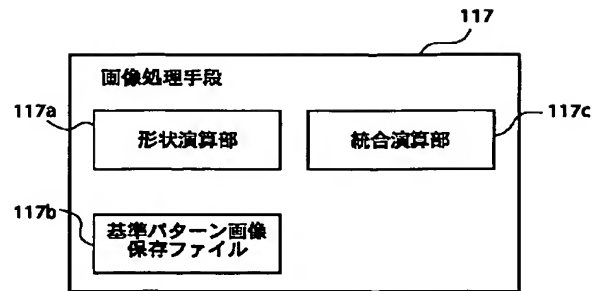
【図17】



【図15】



【図18】



【図19】

(a)

投影光学系又は撮像光学系を2式備える場合

Z(mm)	$\delta_{y1}(\mu\text{m})$	$\delta_{y2}(\mu\text{m})$
50	1.6	5.1
100	3.2	10.5
290	10.2	33.9
1270	104	348
1700	340	1133

 $h=2000\text{mm}, l=4\text{mm}, d_1=30\text{mm}, d_2=100\text{mm}$

(b)

投影光学系又は撮像光学系を3式備える場合

Z(mm)	$\delta_{y1}(\mu\text{m})$	$\delta_{y2}(\mu\text{m})$	$\delta_{y3}(\mu\text{m})$
30	0.91	3.05	9.14
40	1.22	4.08	12.2
100	1.6	10.5	31.6
290	10.2	33.9	102
720	33.8	113	345
1270	104	348	1044
1700	340	1133	3400

 $h=2000\text{mm}, l=4\text{mm}, d_1=30\text{mm}, d_2=100\text{mm}, d_3=300\text{mm}$

フロントページの続き

(72)発明者 味村 一弘
千葉県船橋市豊富町 585 住友大阪セメン
ト株式会社新規技術研究所内
(72)発明者 竹村 安弘
千葉県船橋市豊富町 585 住友大阪セメン
ト株式会社新規技術研究所内

Fターム(参考) 2F065 AA53 BB05 CC16 DD03 FF04
GG04 HH06 HH07 JJ03 JJ05
JJ09 JJ26 LL04 LL42 QQ31
UU01 UU05
5B057 AA19 BA02 CA01 CA08 CA12
CA16 CB18 CC01 CD14